

No. 36/TA/D3-KS/2025

TUGAS AKHIR

**PELAKSANAAN PEKERJAAN *DIAPHRAGM WALL* DENGAN METODE
SLURRY WALL PADA *ENTRANCE 3* STASIUN KOTA PROYEK MRT FASE
2A CP 203 (GLODOK – KOTA)**



**Disusun untuk melengkapi salah satu syarat kelulusan Program D-III
Politeknik Negeri Jakarta**

Disusun Oleh :

Faisal Rahman

NIM 2201321068

Pembimbing :

Eka Sasmita Mulya, S.T., M.Si.

NIP 196610021990031001

PROGRAM STUDI D-III KONSTRUKSI SIPIL

JURUSAN TEKNIK SIPIL

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2025



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir berjudul :

PELAKSANAAN PEKERJAAN *DIAPHRAGM WALL* DENGAN METODE *SLURRY WALL* PADA *ENTRANCE 3* STASIUN KOTA PROYEK MRT FASE 2A CP 203 (GLODOK-KOTA) yang disusun oleh Faisal Rahman (NIM 2201321068) telah disetujui dosen pembimbing untuk dipertahankan dalam Sidang

Tugas Akhir



Pembimbing

Eka Sasmita Mulya, S.T., M.Si.

NIP 196610021990031001



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

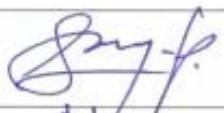
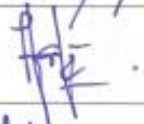
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul :

PELAKSANAAN PEKERJAAN *DIAPHRAGM WALL* DENGAN METODE *SLURRY WALL* PADA *ENTRANCE 3* STASIUN KOTA PROYEK MRT FASE 2A CP 203 (GLODOK-KOTA) yang disusun oleh Faisal Rahman (NIM 2201321068) telah dipertahankan dalam Sidang Tugas Akhir di depan tim penguji pada hari Senin tanggal 07 Juli 2025

	Nama Tim Penguji	Tanda Tangan
Ketua	Sony Pramusadi, S.T., M.Eng, Dr. Eng. NIP 197509151998021001	
Anggota	Hendrian Budi Bagus K, S.T., M.Eng. NIP 19890527202231004	
Anggota	Yanuar Setiawan, S.T., M.T. NIP 199001012019031015	

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Sipil
Politeknik Negeri Jakarta



Istiatun, S.T., M.T.
NIP 196605181990102001



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Faisal Rahman

NIM : 2201321068

Program Studi : Konstruksi Sipil

Alamat Email : Faisal.rahman.ts22@mhsw.pnj.ac.id

Judul Naskah : Pelaksanaan Pekerjaan *Diaphragm Wall* dengan Metode *Slurry Wall* pada *Entrance 3* Stasiun Kota Proyek MRT Fase 2A CP 203 (Glodok-Kota)

Dengan ini menyatakan bahwa tulisan yang saya sertakan dalam Tugas Akhir adalah benar – benar hasil karya sendiri, bukan jiplakan karya orang lain dan belum pernah diikuti dalam segala bentuk kegiatan akademis.

Apabila dikemudian hari ditemukan bukti yang tidak sesuai dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi yang ada. Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Depok, 13 Juni 2025

Yang Menyatakan,

Faisal Rahman



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat penyelesaian pendidikan pada program studi Konstruksi Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta jenjang Diploma Tiga. Untuk memenuhi syarat tersebut, penulis menyusun Tugas Akhir ini dengan judul “PELAKSANAAN PEKERJAAN *DIAPHRAGM WALL* DENGAN METODE *SLURRY WALL* PADA *ENTRANCE 3 STASIUN KOTA PROYEK MRT FASE 2A CP 203 (GLODOK – KOTA)*”.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis membahas perumusan masalah, batasan tinjauan, dasar-dasar pekerjaan *Diaphragm Wall*, kebutuhan alat, material dan tenaga kerja serta produktivitas alat berat. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini penulis banyak mengalami kesulitan, hambatan dan masih jauh dari sempurna. Sehingga tanpa bimbingan, bantuan, dan dorongan dari berbagai pihak, Tugas Akhir ini tidak dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa mendatang. Besar harapan penulis agar Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat ilmu bagi penulis secara pribadi, dan bagi civitas akademika Politeknik Negeri Jakarta secara umum. Pada kesempatan kali ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT, tuhan semesta alam, yang senantiasa memberikan kekuatan, petunjuk dan kemudahan dalam setiap langkah kehidupan, khususnya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Orang tua dan keluarga yang tiada henti memberikan doa, semangat, arahan, motivasi dan juga materil kepada penulis.
3. Ibu Istiatun, S.T., M.T. Selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta.
4. Ibu RA Kartika Hapsari Sutantiningrum, S.T., M.T. selaku Kepala Program Studi D-III Konstruksi Sipil.
5. Bapak Eka Sasmita Mulya. S.T., M.Si. Selaku pembimbing tugas akhir penulis yang senantiasa memberikan arahan, pembelajaran dan motivasi kepada penulis.
6. SMCC-HK JO yang telah memberikan izin dan data untuk melakukan peninjauan.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

7. Teman-teman dan kerabat yang selalu memberikan doa, dukungan, bantuan serta semangat kepada penulis.
8. Kalica Bunga Serlinda, yang telah menemani dan memberikan dukungan serta memotivasi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Band favorit saya FSTVLST, yang telah memberikan suntikan semangat melalui karya-karyanya, sehingga memotivasi penulis untuk terus fokus dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Seperti salah satu penggalan lirik berikut:
*“Berjalan tak seperti rencana adalah jalan yang sudah biasa
Dan jalan satu-satunya, jalani sebaik kau bisa”.*

Akhir kata, Besar harapan penulis agar Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat ilmu bagi penulis secara pribadi, dan bagi para pembaca secara umum.

Jakarta, Juni 2025

Faisal Rahman

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Pembatasan Masalah	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Jenis-Jenis Metode Konstruksi	4
2.1.1 Metode Konstruksi <i>Bottom Up</i>	4
2.1.2 Metode Konstruksi <i>Top Down</i>	5
2.2 <i>Diaphragm Wall</i>	6
2.2.1 Pengertian <i>Diaphragm Wall</i>	6
2.2.2 Fungsi <i>Diaphragm Wall</i>	6
2.2.3 Keunggulan <i>Diaphragm Wall</i>	7
2.2.4 Kelemahan <i>Diaphragm Wall</i>	7
2.3 Metode Pelaksanaan Pekerjaan <i>Diaphragm Wall</i>	7
2.3.1 Lingkup Pekerjaan <i>Diaphragm Wall</i>	7
2.3.2 Metode Pelaksanaan Pekerjaan Pengukuran.....	8
2.3.3 Metode Pelaksanaan Pekerjaan <i>Guide Wall</i>	9
2.3.4 Metode Pelaksanaan Pekerjaan Fabrikasi Sangkar Tulangan (<i>Rebar Cage</i>) 10	
2.3.4.1 Pengertian <i>Rebar Cage</i>	10
2.3.4.2 Fungsi <i>Rebar Cage</i>	11

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.3.4.3	<i>Distance Spacer</i>	11
2.3.5	Metode Pelaksanaan Pekerjaan Penggalian	12
2.3.5.1	Pengertian Penggalian	12
2.3.5.2	Metode <i>Slurry Walls</i>	12
2.3.5.3	Metode Penggalian Dengan <i>Grab Excavation</i>	13
2.3.5.4	Metode <i>Stop End</i>	14
2.3.5.5	Pembuangan Tanah	15
2.3.6	Metode Pelaksanaan Pekerjaan Pengecoran <i>Diaphragm Wall</i>	16
2.3.6.1	Pengertian Pipa <i>Tremie</i>	16
2.3.6.2	Pengertian Pengecoran	17
2.4	Peralatan Pelaksanaan Pekerjaan <i>Diaphragm Wall</i>	17
2.4.1	<i>Diaphragm Wall Grab Machine (Grab Carrier GB 50)</i>	17
2.4.2	<i>Crawler Crane</i>	18
2.4.3	<i>Hydraulic Grab (DHG V)</i>	18
2.4.4	<i>Dump Truck</i>	19
2.4.5	<i>Slurry Desander Machine</i>	20
2.4.6	<i>Slurry Mixing Unit</i>	20
2.4.7	<i>Silo Tank</i>	21
2.4.6	<i>Excavator</i>	22
2.4.7	<i>Truck Mixer</i>	23
2.4.8	<i>Pipa Tremie</i>	23
2.4.9	<i>Stop-End & Control Water Stop (CWS)</i>	24
2.5	Material Pelaksanaan Pekerjaan <i>Diaphragm Wall</i>	25
2.5.1	<i>Slurry Polymer</i>	25
2.5.1.1	Pengujian <i>Slurry</i>	26
2.5.2	<i>Ready Mix Concrete</i>	28
2.5.2.1	Pengujian Beton.....	30
2.5.3	Baja Tulangan Beton.....	31
2.6	Produktivitas Alat Berat	33
2.6.1	Dasar Analisis Alat	33
2.6.2	Dasar Perhitungan Alat Berat.....	34
2.7	Uji <i>Koden Test</i>	38
2.8	Uji Kuat Tekan Beton Silinder	39
2.8.1	Dasar Perhitungan Uji Kuat Tekan Beton Silinder	40
2.9	Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK)	40



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.9.1	Organisasi Pengelola SMKK	40
2.9.2	Rencana Keselamatan Konstruksi (RKK).....	42
2.9.3	Rencana Mutu Pelaksanaan Konstruksi (RMPK)	43
2.9.4	<i>Quality Program</i> (Program Mutu)	43
2.9.5	Rencana Kerja Pengelolaan dan Pemantauan Lingkungan Hidup (RKPPPL).....	44
2.9.6	Rencana Manajemen Lalu Lintas Pekerjaan (RMLLP)	45
2.10	Penelitian Terdahulu	47
BAB III METODE PEMBAHASAN.....		48
3.1	Lokasi	48
3.2	Diagram Alir Penulisan Tugas Akhir	49
3.3	Teknik Pengumpulan Data	50
3.4	Teknik Analisa Data	51
BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN.....		52
4.1	Gambaran Umum Proyek	52
4.1.1	Lokasi Proyek.....	52
4.2	Data Teknis Konstruksi	53
4.2.1	Pelaksanaan Pekerjaan Konstruksi <i>Diaphragm Wall</i>	53
4.2.1.1	Data Teknis Konstruksi <i>Diaphragm Wall</i>	53
4.2.1.2	Data Waktu Siklus Alat Berat	55
4.2.1.3	Jadwal Pelaksanaan	56
4.2.1.4	Data Tahapan Pelaksanaan Pekerjaan <i>Diaphragm Wall</i>	56
4.2.1.5	Data Gambar Pelaksanaan Pekerjaan <i>Diaphragm Wall</i>	58
4.2.1.6	Data Spesifikasi Alat Berat Pada Pelaksanaan Pekerjaan <i>Diaphragm Wall</i>	59
4.3	Pembahasan	64
4.3.1	<i>FlowChart</i> Pelaksanaan Pekerjaan Konstruksi <i>Diaphragm Wall</i>	64
4.3.2	Pelaksanaan Pekerjaan Pengukuran	65
4.3.3	Pelaksanaan Pekerjaan <i>Guide Wall</i>	68
4.3.4	Pelaksanaan Pekerjaan Fabrikasi <i>Rebar Cage</i>	72
4.3.5	Pelaksanaan Pekerjaan Penggalan	91
4.3.5.1	Pengujian Kodan	103
4.3.5.2	Pemasangan <i>Stop End</i>	104
4.3.6	Pelaksanaan Pekerjaan Pembuangan Tanah Hasil Penggalan	106
4.3.7	Pelaksanaan Pekerjaan Pemasangan <i>Rebar Cage</i>	111



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.3.8	Pelaksanaan Pekerjaan Pemasangan Pipa <i>Tremie</i>	114
4.3.9	Pelaksanaan Pekerjaan Pengecoran.....	116
4.3.9.1	Pelepasan <i>Stop End</i>	122
4.3.10	Pengujian Beton	123
4.3.11	Rekapitulasi Kebutuhan Alat, Material, Waktu dan Tenaga Kerja.....	129
4.3.12	Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan Kerja (SMKK).....	131

BAB V PENUTUP	135
5.1 Kesimpulan.....	135
DAFTAR PUSTAKA	137
LAMPIRAN	139





DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Peralatan Pengukuran.....	8
Tabel 2. 2 Hasil dan Batasan Umum Pengujian Sand Content Set.....	28
Tabel 2. 3 Ukuran Baja Tulangan Beton Polos.....	31
Tabel 2. 4 Ukuran Baja Tulangan Beton Sirip/Ulir	32
Tabel 2. 5 Factor Bucket (Fb)	35
Tabel 2. 6 Faktor Galian Alat Excavator	35
Tabel 2. 7 Faktor Efisiensi Kerja Alat Excavator.....	36
Tabel 2. 8 Standar Waktu Siklus Excavator.....	36
Tabel 2. 9 Operating Conditions Dump Truck (t1).....	38
Tabel 2. 10 Operating Conditions Dump Truck (t2).....	38
Tabel 2. 11 Jabatan dan Tanggung Jawab Pengelola SMK	41
Tabel 2. 12 Penelitian Terdahulu	47
Tabel 4. 1 Data Teknis Konstruksi Diaphragm Wall.....	53
Tabel 4. 2 Waktu Siklus Diaphragm Wall Machine	55
Tabel 4. 3 Data Waktu Siklus Excavator	55
Tabel 4. 4 Data Waktu Siklus Crawler Crane	55
Tabel 4. 5 Data Waktu Siklus Dump Truck	56
Tabel 4. 6 Data Waktu Siklus Truck Mixer	56
Tabel 4. 7 Tahapan Pelaksanaan Pekerjaan Diaphragm Wall.....	57
Tabel 4. 8 Kebutuhan Peralatan Pekerjaan Pengukuran	67
Tabel 4. 9 Kebutuhan Manpower pekerjaan Pengukuran	67
Tabel 4. 10 Kebutuhan Peralatan Pekerjaan Guide Wall.....	72
Tabel 4. 11 Kebutuhan Manpower pada Pekerjaan Guide Wall.....	72
Tabel 4. 12 Total Kebutuhan Tulangan Panel P17 Primary Panel.....	82
Tabel 4. 13 Total Kebutuhan Tulangan Panel P19 Secondary Panel.....	84
Tabel 4. 14 Total Kebutuhan Tulangan Panel P19 Closing Panel	87
Tabel 4. 15 Kebutuhan Peralatan dan Material pada Pekerjaan Fabrikasi Rebar Cage	91
Tabel 4. 16 Kebutuhan Manpower pada Pekerjaan Fabrikasi Rebar Cage.....	91
Tabel 4. 17 Campuran Slurry Polymer	96
Tabel 4. 18 Kebutuhan Peralatan pada Pekerjaan Penggalian	102
Tabel 4. 19 Kebutuhan Manpower pada Pekerjaan Penggalian.....	103
Tabel 4. 20 Peralatan Pemasangan Stop End	105
Tabel 4. 21 Kebutuhan Peralatan Pada Pekerjaan Pembuangan Tanah Galian	111
Tabel 4. 22 Kebutuhan Manpower pada Pekerjaan Pembuangan Tanah galian	111
Tabel 4. 23 Kebutuhan Peralatan Pada Pekerjaan Pemasangan Rebar Cage	114
Tabel 4. 24 Kebutuhan Manpower pada Pekerjaan Pemasangan Rebar Cage.....	114
Tabel 4. 25 Kebutuhan Peralatan pada Pekerjaan Pemasangan Pipa Tremie	116
Tabel 4. 26 Kebutuhan Manpower pada pekerjaan Pemasangan Pipa Tremie	116
Tabel 4. 27 Kebutuhan Peralatan pada Pekerjaan Pengecoran	121
Tabel 4. 28 Kebutuhan Manpower pada Pekerjaan Pengecoran.....	122
Tabel 4. 29 Data Uji Kuat Tekan Panel P22 umur 28 hari	128
Tabel 4. 30 Rekapitulasi Alat, Material, Waktu, dan Tenaga Kerja pada Pekerjaan Diaphragm Wall	129

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diaphragm Wall	6
Gambar 2. 2 Guide Wall	10
Gambar 2. 3 Concrete Spacer.....	11
Gambar 2. 4 Excavation with Grab Machine.....	14
Gambar 2. 5 Type of Panel	15
Gambar 2. 6 Tremie Pipe System	16
Gambar 2. 7 Diaphragm Wall Grab Machine	17
Gambar 2. 8 Crawler Crane	18
Gambar 2. 9 Hydraulic Bucket.....	19
Gambar 2. 10 Dump Truck	19
Gambar 2. 11 Slurry Desander Machine.....	20
Gambar 2. 12 Slurry Mixing Unit.....	21
Gambar 2. 13 Silo Tank	21
Gambar 2. 14 Excavator.....	22
Gambar 2. 15 Tremie Pipe	24
Gambar 2. 16 Dimension of Stop-End.....	24
Gambar 2. 17 Control Water Stop.....	25
Gambar 2. 18 Marsh Funnel & Cup for Viscosity	26
Gambar 2. 19 <i>Mud Balance</i>	27
Gambar 2. 20 pH Paper	27
Gambar 2. 21 Slump Test.....	30
Gambar 2. 22 Temperature Test.....	30
Gambar 2. 23 Koden Test	39
Gambar 2. 24 Struktur Organisasi SMKK	41
Gambar 2. 25 Dokumen RKK.....	43
Gambar 2. 26 Dokumen RKKPL	45
Gambar 2. 27 Dokumen RMLLP.....	46
Gambar 3. 1 Lokasi Proyek.....	48
Gambar 3. 2 Lokasi Entrance Stasiun Kota	48
Gambar 3. 3 Diagram Alir Penulisan	49
Gambar 4. 1 Detail Lokasi Entrance 3 Stasiun Kota	52
Gambar 4. 2 Jadwal Pelaksanaan Pekerjaan Diaphragm Wall	56
Gambar 4. 3 Layout Panel Diaphragm Wall Entrance 3.....	58
Gambar 4. 4 Shop Drawing Entrance 3	59
Gambar 4. 5 Keyplan Diaphragm Wall Ent 3 Construction	59
Gambar 4. 6 Spesifikasi GB 50.....	60
Gambar 4. 7 Dimensions of GB 50	60
Gambar 4. 8 Spesifikasi Hydraulic Bucket DHGV	61
Gambar 4. 9 Dimensions of DHGV	61
Gambar 4. 10 Spesifikasi Crawler Crane Sumitomo	62
Gambar 4. 11 Spesifikasi Excavator Sany SH210	62
Gambar 4. 12 Spesifikasi Dump Truck HINO JD 260 FM.....	63
Gambar 4. 13 FlowChart Diaphragm Wall	64
Gambar 4. 14 Typical Section of Guide Wall.....	68

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4. 15 <i>Guide Wall Key Plan</i>	69
Gambar 4. 16 Pembesian Guide Wall.....	69
Gambar 4. 17 Pengecoran Guide Wall.....	70
Gambar 4. 18 Proses Fabrikasi Rebar Cage.....	73
Gambar 4. 19 Shop Drawing Rebar Cage.....	73
Gambar 4. 20 Layout Pekerjaan Fabrikasi Rebar Cage	74
Gambar 4. 21 Fabrikasi Rebar Cage on Site	74
Gambar 4. 22 Concrete Spacer.....	75
Gambar 4. 23 Detail Penulangan Panel P17	75
Gambar 4. 24 Layout Pelaksanaan Pekerjaan Penggalian	92
Gambar 4. 25 Cross Section View	92
Gambar 4. 26 B-Tronic Modul.....	93
Gambar 4. 27 Grab Machine Positioning.....	94
Gambar 4. 28 Hydraulic Grab on Guide Wall	95
Gambar 4. 29 Airlifting System	97
Gambar 4. 30 Kodan Test Equipment.....	104
Gambar 4. 31 Typical Hanging Stop End	105
Gambar 4. 32 Lokasi Pembuangan Tanah	106
Gambar 4. 33 Proses Pembuangan Hasil Galian.....	106
Gambar 4. 34 Aturan Ukuran Overlap.....	112
Gambar 4. 35 Hanging Bar	112
Gambar 4. 36 Stop End Removing	123
Gambar 4. 37 Temperature Test.....	124
Gambar 4. 38 Slump Test.....	125
Gambar 4. 39 Check Nilai Slump	125
Gambar 4. 40 Sampel Beton	126
Gambar 4. 41 Pengujian Kuat Tekan di Laboratorium.....	127
Gambar 4. 42 Kebijakan SMMK3L.....	131
Gambar 4. 43 Mandatory APD	133



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Key Plan Diaphragm Wall Entrance 3 Construction.....	140
Lampiran 2. Shop Drawing P17 Starting Panel	141
Lampiran 3. Shop Drawing P19 Secondary Panel	142
Lampiran 4. Shop Drawing P22 Closing Panel	143
Lampiran 5. Hasil Uji Koden P22 Closing Panel	144
Lampiran 6. Hasil Uji Kuat Tekan Beton Panel P22 Closing Panel Umur 28 Hari	145
Lampiran 7. Form TA-5 Persetujuan Pembimbing.....	146
Lampiran 8. Form TA-4 Lembar Asistensi Pembimbing	148
Lampiran 9. Form TA-4 Lembar Asistensi Penguji	149
Lampiran 10. Form TA-6 Lembar Persetujuan Penguji.....	152



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Laju pertumbuhan pembangunan di Indonesia mengalami kemajuan yang sangat signifikan, khususnya pada kawasan ibu kota sekaligus pusat pemerintahan DKI Jakarta. Diiringi dengan pertumbuhan penduduk yang kian naik, segala fasilitas yang mencakup sarana dan prasarana dalam menunjang kehidupan bermasyarakat perlu memadai. Pergub No. 103 Tahun 2007 tentang Pola Transportasi Makro (Perubahan atas Keputusan Gubernur Nomor 84 Tahun 2004) mengadakan program angkutan umum massal yang saling terintegrasi. Salah satunya pembangunan moda transportasi berbasis rel yaitu MRT (*Mass Rapid Transit*).

Di sisi lain, kemajuan dalam bidang konstruksi pun mengalami peningkatan serta inovasi-inovasi dalam penerapannya. Dalam konstruksi bawah tanah umumnya menggunakan *sheet pile* atau *bored pile* sebagai dinding penahan tanah ataupun struktur bagian bawah. Dalam proyek MRT Fase 2A CP 203 konstruksi yang dilakukan terletak dibawah tanah (*underground*) dengan area kerja yang cukup sempit, oleh sebab itu konstruksi yang digunakan adalah sistem konstruksi *Top Down* dengan *Diaphragm Wall* atau Dinding Diafragma sebagai dinding penahan tanah ataupun struktur bagian bawah karena jenis konstruksi ini dapat membuat bangunan stasiun MRT bawah tanah yang kuat dan juga stabil serta mampu menahan beban tanah dan air dengan cukup baik.

Diaphragm Wall adalah salah satu teknik konstruksi yang memanfaatkan dinding vertikal yang kuat dan tahan air. Metode ini melibatkan pembuatan panel-panel beton bertulang yang saling terhubung satu sama lain dan membentuk alur pasak. Penerapan metode *Diaphragm Wall* menjadi penting dalam memenuhi kebutuhan struktural bagi Proyek MRT Fase 2A CP 203 khususnya pada *Entrance 3* Stasiun kota, terutama didasari oleh kemampuannya yang unggul dalam menangani tekanan air tanah tinggi dan memberikan stabilitas yang baik bagi proyek bangunan besar.(Irvanda Mauldi et al., 2023)



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Berdasarkan uraian diatas, maka dilakukan penulisan mengenai pelaksanaan pekerjaan *Diaphragm Wall* dengan metode *Slurry Wall* di proyek MRT Fase 2A CP 203 pada area *Entrance 3* Stasiun Kota. Diharapkan penulisan tugas akhir ini dapat menjadi referensi dalam proses pelaksanaan pekerjaan *Diaphragm Wall*.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, adapun rumusan masalah yang akan di bahas pada penulisan tugas akhir ini ialah sebagai berikut:

1. Bagaimana proses pelaksanaan pekerjaan *Diaphragm Wall Entrance 3* Stasiun Kota Proyek MRT Fase 2A CP 203 (Glodok – Kota) ?
2. Bagaimana menghitung alat, material, dan tenaga kerja pada pelaksanaan pekerjaan *Diaphragm Wall Entrance 3* Stasiun Kota pada proyek MRT Fase 2A CP 203 (Glodok – Kota) ?
3. Bagaimana menghitung produktivitas pekerjaan *Diaphragm Wall Entrance 3* Stasiun Kota pada proyek MRT Fase 2A CP 203 (Glodok - Kota) ?

1.3 Pembatasan Masalah

Pada penulisan tugas akhir ini perlu adanya pembatasan masalah agar dapat dilakukan secara efektif dan tidak menyimpang dari tujuan penulisan. Adapun lingkup penulisan tugas akhir ini terbatas pada hal-hal berikut:

1. Metode pekerjaan *Diaphragm Wall* yang ditinjau hanya pada *Entrance 3* Stasiun Kota pada proyek MRT Fase 2A CP 203 (Glodok - Kota).
2. Analisis yang dilakukan pada pekerjaan *Diaphragm Wall Entrance 3* Stasiun Kota hanya meliputi 3 jenis panel yang berbeda dari total 24 panel yakni: *Primary Panel*, *Secondary Panel*, dan *Closing Panel*.
3. Analisis yang dilakukan adalah menghitung produktivitas alat berat, kebutuhan alat, material, dan tenaga kerja pada pekerjaan *Diaphragm Wall Entrance 3* Stasiun Kota pada proyek MRT Fase 2A CP 203 (Glodok - Kota).

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini ialah sebagai berikut:

1. Menganalisis proses pelaksanaan pekerjaan *Diaphragm Wall Entrance 3* Stasiun Kota pada proyek MRT Fase 2A CP 203 (Glodok - Kota).



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2. Menganalisis kebutuhan alat, material, dan tenaga kerja pada pelaksanaan pekerjaan *Diaphragm Wall Entrance 3* Stasiun Kota pada proyek MRT Fase 2A CP 203 (Glodok - Kota).
3. Menghitung produktivitas pekerjaan *Diaphragm Wall Entrance 3* Stasiun Kota pada proyek MRT Fase 2A CP 203 (Glodok - Kota).

1.5 Sistematika Penulisan

Tugas Akhir ini disusun secara sistematis dalam lima bab, dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pembahasan pada bab ini berisikan tentang latar belakang, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan dan sistematika penulisan.

BAB II DASAR TEORI

Pembahasan pada bab ini berisikan tentang dasar teori yang berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan *Diaphragm Wall Entrance 3* Stasiun Kota pada proyek MRT Fase 2A CP 203 (Glodok - Kota). Didalamnya terdapat pengertian, fungsi, dan rumus dasar untuk keperluan menghitung analisa pada bab selanjutnya.

BAB III METODE PEMBAHASAN

Pembahasan pada bab 3 ini berisikan penjelasan mengenai lokasi, penulisan dan gambaran umum mengenai metode yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini.

BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisikan data-data teknis yang akan dibahas, data alat, bahan, pekerja, dan produktivitas alat yang digunakan pada pelaksanaan pekerjaan *Diaphragm Wall Entrance 3* Stasiun Kota pada Proyek MRT Fase 2A CP 203 (Glodok – Kota).

BAB V KESIMPULAN

Dalam bab ini membahas mengenai kesimpulan dari keseluruhan isi penulisan Tugas Akhir yang telah dilakukan.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V**PENUTUP****5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan analisis dan pembahasan Tugas Akhir yang berjudul “Pelaksanaan Pekerjaan *Diaphragm Wall* dengan Metode *Slurry Wall* pada *Entrance 3* Stasiun Kota Proyek MRT Fase 2A CP 203 (Glodok-Kota)” didapatkan kesimpulan bahwa tahapan pelaksanaan pekerjaan *Diaphragm Wall* meliputi pekerjaan pengukuran, konstruksi *Guide Wall*, fabrikasi *Rebar Cage*, penggalian dengan alat berat *Diaphragm Hydraulic Grab Machine* dan didukung dengan metode *Slurry Wall* dalam pelaksanaannya, pemasangan *Stop end*, pemasangan *Rebar Cage*, pemasangan pipa *tremie*, pembuangan tanah, dan pengecoran. Seluruh tahapan pekerjaan *Diaphragm Wall* pada *Entrance 3* Stasiun Kota Proyek MRT Fase 2A CP 203 (Glodok-Kota) telah dilaksanakan sesuai *shop drawing* yang disetujui oleh owner dan konsultan perencanaan, dan pekerjaan berjalan dengan lancar.

Adapun Kebutuhan alat, material dan tenaga kerja pada pelaksanaan pekerjaan *Diaphragm Wall* terkhusus pada panel P17 *Primary Panel*, P19 *Secondary Panel* dan P22 *Closing Panel* pada Tabel 4.30 tentang rekapitulasi kebutuhan alat, material dan tenaga kerja dapat disimpulkan bahwa pada pelaksanaan pekerjaan *Diaphragm Wall* (*D-Wall*) di *Entrance 3* Stasiun Kota proyek MRT Fase 2A CP 203 (Glodok - Kota), telah memenuhi kebutuhan teknis yang disyaratkan. Kebutuhan tersebut mencakup alat berat, material konstruksi utama seperti beton dan *Slurry Polymer*, serta sumber daya manusia yang terampil. Hal ini terbukti mampu menunjang kelancaran seluruh tahapan pekerjaan, khususnya pada panel P17, P19, dan P22, yang memastikan pelaksanaan pekerjaan berjalan sesuai dengan standar operasional dan spesifikasi teknis yang telah ditetapkan.

Selain itu, perhitungan produktivitas pekerjaan *Diaphragm Wall* pada ketiga panel tersebut menunjukkan efisiensi yang signifikan. Durasi pekerjaan yang dibutuhkan adalah 2.232 menit atau 37,2 jam, yang menegaskan bahwa laju pekerjaan dapat diselesaikan dalam kurun waktu yang telah dialokasikan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa produktivitas pekerjaan ini telah sesuai dengan target waktu



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

yang tersedia, sehingga seluruh tahapan pekerjaan *Diaphragm Wall* dapat diselesaikan secara efektif dan efisien.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



DAFTAR PUSTAKA

- Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum. (2012). Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Bidang Pekerjaan Umum. *Simantu.Pu.Go.Id*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2017). Baja Tulangan Beton. *Sni 2052-2017*, 13.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. *Sni 2847-2019*, 8, 720.
- BAUER Maschinen GmbH. (2023). *DHG_V_Diaphragm_Wall_Hydraulic_Grab_EN_905_724_2.pdf* (p. 12).
- BPSDM. (2019). *Modul 4 Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (Smkk)*.
- Craig, R. F., & Susilo, B. (1989). *Mekanika Tanah, edisi IV*. 16, 19, 109, 110, 171, 174, 176. <https://labmekanikatanah.files.wordpress.com/2013/07/mekanika-tanah-r-f-craig.pdf>
- Fauzi, F. F., & Dani, H. (n.d.). Analisa Perbandingan Produktivitas Alat Berat Dum Truck Tipe A, B Dan C Pada Proyek Kontruksi. *Unesa*, 1–7.
- Irvanda Mauldi, Lenggogeni, & Winoto Hadi. (2023). Metode Pelaksanaan Pekerjaan Diaphragm Wall pada Proyek Pembangunan Jakarta Gelora Marriot Hotel. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(3), 30171–30180.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2022). Peraturan Menteri PUPR no 1 tahun 2022 Tentang Pedoman Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. *Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2022*, 95–140.
- Kementerian PUPR. (2021). Permen PUPR Nomor 10 Tahun 2021 tentang Pedoman Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi. *Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat*, 1–38. https://jdih.pu.go.id/detail-dokumen/2884/1#div_cari_detail
- Madjid Syawal, A., & Nasihi, K. (1999). *Analisis Metoda Pelaksanaan Dinding Diafragma pada Dermaga*. 5–33.
- Mistra. (2012). *STRUKTUR DAN KONSTRUKSI BANGUNAN TINGGI SISTEM TOP AND DOWN* (H. ATMOJO TRI FAJAR (ed.); 2012th ed.). GRIYA KREASI.
- Mulyono, T. (2015). *TEKNOLOGI BETON*. ISBN: 978 – 602 – 390 – 005 – 3, March.
- Nayyar, M., King, R., & Crocker, S. (2000). Piping handbook. In *Slurry and Sludge Piping*.
- Rostiyanti, I. S. (2008). Alat Berat untuk Proyek Konstruksi. In *PT Rineka Cipta*.
- SMCC, HK, & JO. (2024). *Construction of Jakarta Mass Rapid Transit Project (Phase 2) (I) Contract Package: CP 203 Underground Section-CIVIL 3*. 198.
- Sokop, R. M., Arsjad, T. T., & Malingkas, G. (2018). Analisa Perhitungan

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Produktivitas Alat Berat Gali-Muat (Excavator) Dan Alat Angkut (Dump Truck) Pada Pekerjaan Pematangan Lahan Perumahan Residence Jordan Sea. *Jurnal Tekno*, 16(70), 83–88.

<https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/tekno/article/view/22625><https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/tekno/article/viewFile/22625/22320>

Susanti, S., & Asih, T. (1997). *Sistem Penahan Tanah Untuk Bangunan Gedung Dengan Menggunakan Dinding Diafragma*.

Wijaya, C., Iskandar, A., & Prihatiningsih, A. (2020). Analisis Dinding Diafragma Pada Konstruksi Basement Di Jakarta Dengan Menggunakan Program Elemen Hingga 3 Dimensi. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 3(2), 479. <https://doi.org/10.24912/jmts.v3i2.7062>

Zhao, X., Wang, H., Li, Z., Dai, G., Yin, Z., Cao, S., & Zhou, J. (2022). Numerical Study on the Deformation of Tunnels by Excavation of Foundation Pit Adjacent to the Subway. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(9). <https://doi.org/10.3390/app12094752>

